



TITLE:

パルプ及び製紙に関する研究: 第19報 広葉樹ケミグランドパルプに関する研究(2)

AUTHOR(S):

寺谷, 文之; 木村, 良次

CITATION:

寺谷, 文之 ...[et al]. パルプ及び製紙に関する研究: 第19報 広葉樹ケミグランドパルプに関する研究(2). 木材研究: 京都大学木材研究所報告 1958, 20: 37-54

ISSUE DATE:

1958-09

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/52852>

RIGHT:

パルプ及び製紙に関する研究

第19報 広葉樹ケミグランドパルプに関する研究(2)

製紙研究室 寺谷 文之・木村 良次

(昭和33年6月2日受理)

Fumiyuki TERATANI and Yoshitsugu KIMURA : Studies on Pulp and Paper-making. (XIX) Studies on Chemigroundwood Pulp from Hardwoods (2).

緒 言

前報¹⁾において、ブナ及びシラカバを用いてケミグランド法に関する前処理条件、特に蒸解時間及び滲透時間の長短と、磨砕における木材の磨石に対する圧力の影響について実験した。その結果、(1)前処理材の磨砕に要する消費エネルギーは針葉樹 GP の場合に比較すると非常に小さい。(2) 140°C にて5時間前処理した場合、パルプの強度的性質は著しく上昇する。この際滲透時間の長短は顕著な影響を示す。(3) 磨砕における圧力の増加は磨砕の消費エネルギーを減じ、パルプ生産率を増す。と同時に粗繊維束の含量を増加せしめるが強度的性質には影響しない。以上の如き事実が認められた。

本報告においては広葉樹9種、針葉樹3種の試験材を用いて、前処理条件特に蒸解圧力と温度の高低がケミグランドパルプ (CGP) の生産及び品質に及ぼす影響、各樹種のケミグランド法に対する適応性の差異について実験考察を行った。

尙本実験に当り御指導賜りました館勇教授並びに材鑑定に御教示を載しました貴島恒夫教授に深く感謝致します。又多数のパルプ原木を御寄贈下さいました石原林材株式会社と石原猛氏に深甚の謝意を表する次第であります。

実験用材と実験方法

1. 実験用材について

実験用材は何れも岐阜県産の丸太にて、伐採後数カ月を経過したものを使用した。原木の状態、物理性等は Table 1. に示す如くである。元口直径約 16~24cm の丸太の年輪数は大体30~40であるが、ドロは少し材が若く22年であり、ブナ、ホオ、ミズメ等は45年又はそれ以上の材であつた。これらの丸太材を中心面より二部に大割し、中心面に近い部分より 35×35×150mm³ の角柱試験材を作成した。即ち Figure 1 に示す如く繊維長軸方向に 35mm

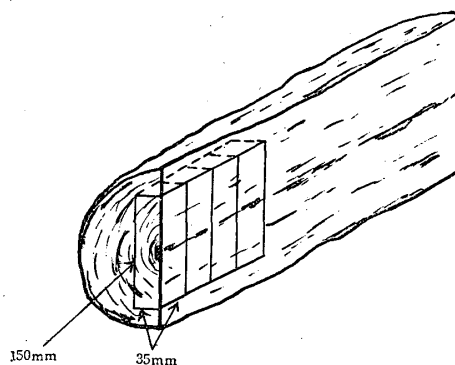


Fig. 1 丸太からの試験材作成
(Preparing of test blocks from log.)

の角柱試験材である。これを約3カ月間風乾して使用したが、風乾試験材の含水率平均は16.2%であつた。尚節のある部分は除去し、全く節のない試験材のみを実験に使用した。

Table 1 ケミグランド法パルプ原木の物理的諸性質
(Physical and anatomical properties of woods used for chemigroundwood process)

樹 種 Wood species	学 名 Scientific name	年輪数 Growth ring	直 径 Dia. of log cm	比 重 SP. gr. of wood	^a 繊維長 Fiber length μ	^a 繊維巾 Fiber breadth μ	^c 髄 線 Ray cell content %	^d 膜厚 Cell wall μ
I. 広葉樹 Hardwoods								
ミズナラ Mizunara	<i>Quercus crispula</i> Blume	34	18	0.73	1240	19	29.3	4—5
ブナ Buna	<i>Fagus crenata</i> Blume	49	22	0.58	1130	21	27.0	3—4
カエデ Kaede	<i>Acer palmatum</i> Thunb.	32	22	0.58	790	19	17.2	2—3
コブシ Kobushi	<i>Magnolia Kobus</i> DC.	31	16	0.57	—	—	—	3—4
ホオ Hoo	<i>Magnolia obovata</i> Thunb.	45	20	0.41	1170 ^b	33 ^b	—	2—4
ミズメ Mizume	<i>Betula grossa</i> Sieb. et Zucc.	46	22	0.50	1650 ^b	35 ^b	—	3—4
シラカバ Shirakaba	<i>Betula Tauschii</i> Koidz.	30	17	0.46	1270	24	10.5	3—4
トチ Tochi	<i>Aesculus turbinata</i> Blume	30	18	0.39	900 ^b	23 ^b	—	2
ドロ Doro	<i>Populus Maximowiczii</i> Henry	22	16	0.37	1090	25	—	2—3
II. 針葉樹 Softwoods								
モミ Momi	<i>Abies firma</i> Sieb. et Zucc.	38	24	0.37	2890	37	9.6	2—6
アカマツ Akamatsu	<i>Pinus densiflora</i> Sieb. et Zucc.	41	16	0.48	3320	39	5.5	3—8
ヒノキ Hinoki	<i>Chamaecyparis obtusa</i> Endl.	43	17	0.46	2340	35	—	2—4
サワラ Sawara	<i>Chamaecyparis pisifera</i> Endl.	34	18	0.33	2750	41	—	1—4

- a 右田伸彦：パルプ及製紙工業実験法 P. 8 (1943)
b 宇野昌一：林学会誌, 17, 992 (1935)
c B. Huber, G. Prutz; Holz, 1, 377 (1938)
d 金平亮三：大日本産重要木材の解剖学的識別 (1926)

この試験材の絶乾比重を Table 1 の値より区分すると次の如き5階級となる。

A級	ミズナラ	比重 0.73
B級	ブナ, カエデ, コブシ	0.58~0.57
C級	ミズメ, シラカバ, ヒノキ, アカマツ	0.50~0.46
D級	ホオ, トチ, ドロ, モミ	0.41~0.37
E級	サワラ	0.33

これらの試験材中、心材の明瞭なものはミズメ、ヒノキ、サワラであり、その試験材中に占

める心材容積は夫々17%, 92%, 95%であつた。

木材の組織構成要素については観察測定を行つていないが、B. Huber, G. Prütz 両氏²⁾の構成要素の比率に関する報告では、ブナ、ナラは髄線・柔細胞部が甚だ多く30%以上を占め、反対にカバ、ポプラは10~13%しか含んでいない。金平氏³⁾の報告書によればブナ、ミズナラ、ガエデの木繊維は他の樹種に比しその直径が小である。又細胞膜の厚さにおいてはトチ、ドロ、

Table 2. ケミグランド法における中性亜硫酸ソーダによる化学的前処理の諸条件
(Chemical pretreatment conditions with neutral sulphite solution employed for chemigroundwood process.)

実験番号 Experiment Number	薬液濃度 ^a Treating liquor conc. %	減 圧 度 Vacuum cm of Hg	減圧時間 Evacuation period min.	蒸解温度 Cooking temp. °C	蒸解時間 Cooking time min.	最高圧力 Maximum pressure Kg/cm ²	加圧時間 Pressure period min.
Exp. 1	1.0	75	60	110	240	5.3	240
Exp. 2	"	"	"	"	"	"	120
Exp. 3	5.0	75	60	140	180	2.6	180
Exp. 4	"	"	"	"	"	5.6	"
Exp. 5	"	"	"	"	"	8.5	"
Exp. 6	"	"	"	"	"	12.3	"

a Liquor concentration is expressed as Na₂SO₃ per liter.

カエデは僅か薄い事が認められる。その他各樹種によつて色々の特徴をもっているが、参考のために右田氏⁴⁾及び宇野氏⁵⁾のデータを引用して Table 1 に掲げた。この木材組織の分野とケミグランド法における化学的前処理、磨砕、パルプ性質との関係については今後詳細に追求する予定である。

2. 実験方法について

試験材の化学的前処理の方法は前報と同じく内容 10 l. のオートクレーブを使用し、水銀柱75cm の減圧に1時間保持した後加熱して1時間後に 110°C に到達せしめる。その条件の詳細は Table 2 に示す如く、Exp. 1 は 1% Na₂SO₃ 溶液にて110°C - 4時間前処理を行い、Exp. 3~6 は 5% Na₂SO₃ 溶液にて140°C - 3時間前処理した。尚蒸解曲線を示すと Figure 2 の如くなるが、Exp. 1

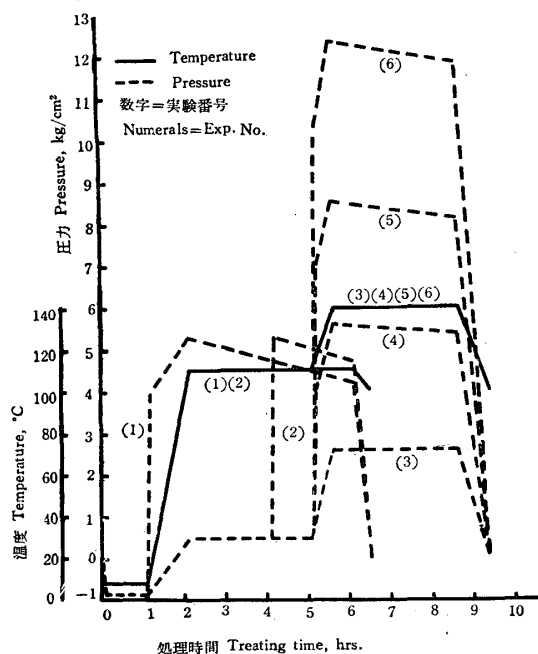


Fig. 2 化学的前処理における温度、圧力曲線
(The curves of temperature and pressure for the vaorius pretreatments.)

は加熱開始と同時に 4kg/cm^2 に加圧し蒸解終了まで圧力を保持したが, Exp. 2 は 110°C にて2時間経過した後前者と同一の最高圧力 5.3 kg/cm^2 に加圧して前処理を続けた。Exp. 3~6は減圧処理後加熱し 110°C にて3時間保持し, 次いで 140°C に温度を上昇せしめ, その際加圧の大きさを $2.6, 5.6, 8.5, 12.3\text{ kg/cm}^2$ の4段階に変化せしめて蒸解を行つた。

尙比較の為にアカマツ生材よりグランドパルプ(GP)を製造したが, その方法は伐採後1週間の丸太材をケミグランド法の場合と同様に切断し, 同様の角柱試験材を作成した。これをオートクレープ内で水銀柱 75cm の減圧下に水中に1時間浸漬処理し, 次いで磨砕した。

磨砕の条件は前報¹⁾より少し変化せしめた。これは前報において材の磨砕が粗雑であつた為スクリーンパルプの収率が低く又パルプのフリーネスが非常に大であつた点を改善せんとし

Table 3. 磨石の目立の変化が磨砕効果及び CGP の性質に及ぼす影響
(Effect of grindstone surface on the grinding data and the properties of chemigroundwood pulps.)

処理条件 Treating Condition	前処理条件 Pretreatment condition						磨砕条件 Grinding condition		
	Liquor composition	Liquor conc. g/l	Vacuum period min.	Pene- tration time min.	Cooking temp. $^\circ\text{C}$.	Cooking time min.	Stone face cut of burr	Waert supply l/min.	Peri- pheral speed m/min.
A	$\frac{\text{NaHCO}_3}{\text{Na}_2\text{SO}_3} = \frac{1}{6}$	50	60	180	140	180	6 cut spiral	2.5	460
B	Na_2SO_3	42	〃	〃	〃	〃	12 cut diamond	2.0	410

樹 種 Wood species		Shirakaba		Buna	
処理条件 Treating condition		A	B	A	B
磨砕率 Grinding rate, kgs of wood ground per hr.		2.20	1.27	2.55	1.66
消費エネルギー量 Energy consumption, HP days per ton		7.6	16.1	6.2	11.8
スクリーンパルプ収率 Yield of screened pulp, %		71.8	84.4	73.2	89.0
フリーネスS-R Freeness, ml.		880	755	890	740
Fiber retained on 24 mesh screen, %		24	25	14	16
〃 〃 42 mesh 〃 %		29	29	33	25
〃 〃 80 mesh 〃 %		17	16	20	19
〃 〃 150 mesh 〃 %		5	9	6	12
Fiber passing through 150 mesh screen, %		25	22	26	28
紙密度 Sheet density, g/cm^3		0.26	0.43	0.26	0.38
裂断長 Breaking length, Km		0.56	2.95	0.32	1.46
比破裂度 Burst factor		0.6	1.6	0.5	0.9
比引裂度 Tear factor		16	52	12	35
白色度 Brightness, %		61	63	46	54

たものである。その為に磨石の目立を6 cut の深い spiral 目立より、12 cut の軽い diamond 目立に変え、pit 中のパルプ濃度を少し上昇させる為に注水量を 2.5 l/min. より 2.0 l/min. に減少せしめた。その結果を比較すると Table 3 の如くなる。磨石表面を少し滑らかにする事により磨砕率は1/2程度に減少し、消費エネルギーは2倍に増加した。一方スクリーン通過パルプの収率は約15%増加し、フリーネスは 100ml 以上減少しており、粗繊維束の減少した事が明らかに認められた。スクリーンで粗繊維束を除去した後のパルプ篩別試験の結果には大きな変化が見られない。手抄試験紙の密度、白色度、強度等の物理的諸性質は著しく上昇している。即ちケミグランド法においては磨石の目立を細かくする事はパルプの収率及び品質を向上せしめるために必要である。従つて本実験においては 12 cut の Diamond 目立した人造石の磨石を使用した。尚磨砕圧力は 1.0 kg/cm^2 , pit 温度は 10°C である。

磨砕後のパルプ篩別、手抄試験紙の作成、その物理的諸性質の測定、計算等は何れも前報¹⁾に記した通りである。

実験結果と考察

1. 木材の化学成分の溶出に関して

試験材の化学的前処理によるパルプ中のリグニン及びペントザン含有量の変化を Table 4 について検討する。先ず原木中のリグニン量を比較すると、カエデ、トチ、ホオは約23~26%を示し、広葉樹ではリグニンの多い部類に属している。試験材の 1% Na_2SO_3 - 110°C 前処理では僅かしか脱リグニンされるに過ぎず、5% Na_2SO_3 - 140°C 前処理によつてパルプ中のリグニン含有量は原木の値よりも4~5%減少している。勿論ホオの如くリグニンの減少しない例

Table 4. CGP のリグニン、ペントザン含有量及びスクリーンドパルプの収率
(Lignin and pentosan contents of chemigroundwood pulps and yields of screened pulps.)

Species	Lignin content, %			Pentosan content, %			Yield, %	
	Wood	Exp. 1	Exp. 3	Wood	Exp. 1	Exp. 3	Exp. 1	Exp. 3
Shirakaba	20.0	16.5	14.2	25.3	26.7	27.2	88.1	84.4
Buna	20.6	17.5	14.4	16.8	18.1	18.5	88.7	87.2
Kobshi	21.3	20.9	14.9	19.2	20.5	19.5	90.8	87.3
Doro	19.3	20.0	15.2	19.5	19.9	18.4	86.8	85.1
Mizume	21.9	18.4	16.8	19.8	22.1	22.2	87.9	86.5
Mizunara	18.6	18.8	19.3	18.4	23.6	21.3	86.7	84.3
Kaede	23.2	21.8	18.4	22.2	21.8	20.5	85.6	82.5
Tochi	24.8	25.5	21.2	17.7	18.3	17.8	88.6	85.7
Hoo	26.2	26.6	28.1	16.9	17.7	15.6	90.5	86.8
Momi	31.0	32.6	25.6	10.5	10.8	9.0	91.3	85.4
Hinoki	30.6	31.2	29.4	10.9	9.5	9.3	89.7	86.9
Sawara	33.7	33.6	30.0	11.6	10.9	8.9	90.0	87.3

Yield of Akamatsu groundwood pulps.....89~93%

外も存在している。

ペントザンについては 110°C 又は 140°C 前処理の何れの場合も殆んど又は僅かしか溶出せず、シラカバで27%，その他の広葉樹では18～22%，針葉樹で9%のペントザンがパルプ中に含有されている。

前処理材を磨砕して得たパルプを 8 cut のスクリーン・プレートを通し粗繊維束を除去した後のパルプ収率は、Table 4 に示す如く Exp. 1 では86～91%，Exp. 3 では幾らか減少して83～87%の収率を得た。これをアカマツ GP の収率89～93%に比較すると CGP の収率は相当に良好な事が明白である。

2. 前処理試験材の磨砕に関して

化学的前処理を施された試験材を磨砕して得る CGP の生産率は Table 5 に示される。総括的に前処理条件との関係を見ると、 110°C 処理に比較すれば 140°C 処理の方が、又 140°C 処

Table 5. ケミグラウンド法によるスクリーンドパルプ生産率
(Production rates of screened pulps manufactured by
chemigroundwood process, tons/day /sq.ft.)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	1.60	1.59	1.48	1.73	1.96	1.87
Buna	1.77	2.27	2.01	2.58	2.41	2.44
Kaede	1.23	1.64	2.07	1.90	1.88	2.25
Kobushi	1.34	1.65	1.82	1.93	1.67	1.69
Mizume	1.80	1.96	1.55	1.27	1.29	1.34
Shirakaba	1.86	2.42	1.98	1.95	2.18	1.88
Hoo	1.47	1.33	1.41	1.65	2.15	2.45
Tochi	1.49	1.84	1.52	1.60	1.58	1.90
Doro	1.77	1.75	1.22	1.20	1.14	1.46
Hinoki	1.24	1.22	1.59	1.39	1.59	1.83
Momi	1.05	1.00	1.33	1.44	1.30	1.40
Sawara	1.24	1.72	1.40	1.30	1.70	1.54

Production rate of Akamatsu groundwood pulp.....1.59 tons /day/sq. ft.

理においては蒸解圧力の大きな方がパルプ生産率を増大せしめた。この概略的な傾向には樹種により多くの例外が存在するので次に述べる磨砕の消費エネルギーと併せて考察する。樹種別に見た場合パルプ生産率の最大値はブナの 2.5 tons/day/sq.ft. であり、次いでホオ、カエデの順に減少し、最小値はミズメ、ドロの 1.3～1.4 tons である。

Table 6 はパルプ ton 当りの生産に要する磨砕の消費エネルギー量を各前処理条件について樹種別に示したものである。前処理条件とエネルギー消費との間の一般的な関係としては、蒸解温度及び蒸解圧力の高い処理の方が磨砕におけるエネルギー消費を減少せしめる事が認められた。特に蒸解圧力との関係を Figure 3 について詳細に検討すれば各樹種による傾向が明瞭となる。ブナは最小の消費エネルギー量 11.5 HP days/ton を示し、而も蒸解圧力が 5.6 kg/cm² 以上に上昇しても殆ど変化しない。その他の樹種においては蒸解圧力の上昇に従つて

Table 6. 前処理材の磨砕に要するエネルギー消費量
(Energy consumptions on grinding for various pretreated
woods, HP days/ton of screened pulp)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	21.0	22.9	18.5	15.0	13.5	12.6
Buna	19.4	15.3	15.8	11.8	11.7	11.9
Kaede	23.5	21.5	17.4	15.2	15.7	12.7
Kobushi	24.8	21.7	15.9	15.1	16.4	17.6
Mizume	20.9	19.0	30.9	29.7	21.3	18.9
Shirakaba	19.5	14.7	16.5	16.1	13.0	14.7
Hoo	26.0	28.2	25.8	19.7	15.1	12.8
Tochi	25.6	19.4	21.7	22.5	22.4	17.8
Doro	23.6	19.6	22.8	25.6	23.9	18.7
Hinoki	27.8	29.5	23.8	27.9	21.2	16.5
Momi	36.0	38.9	29.2	28.5	26.6	22.7
Sawara	32.4	32.2	26.6	21.3	18.8	17.4

Energy consumption on grinding non-treated Akamatsu.....24.0 HP days/ton

エネルギー消費は減少し、その減少率は概して材比重の小なる広葉樹と長繊維の針葉樹グループ（同図中番号8～12）の方が、材比重の大なるグループ（番号1～7）よりも著しい事が認められた。但しコブシはこの原則に反し蒸解圧力の上昇と共にエネルギー消費も増加している。又前者のグループのエネルギー消費は、比重大なる後者のグループよりも概してその値が大きい。モミは各樹種中最大の消費エネルギー量 22.5 HPdays/ton を示し、蒸解圧力 12.3 kg/cm² にて前処理する事によつて、やつと減圧水浸処理せるアカマツ生材の磨砕の消費エネルギー量 24.0 HP days/ton よりも小となる。

磨砕におけるエネルギー消費は試験材の心材状態と物理的性質、前処理による蒸解度の差、磨砕による繊維の破壊、細断、フィブリル化の度合等の諸因子が大きな影響を及ぼすものである。然しながら一応結果的に低圧蒸解でも差支えない樹種と、高圧蒸解しなければエネルギー消費が減少しない樹種とに区分するならば次の如くなる。

低圧蒸解可能なもの……ブナ、ミズナラ、カエデ、コブシ、シラカバ

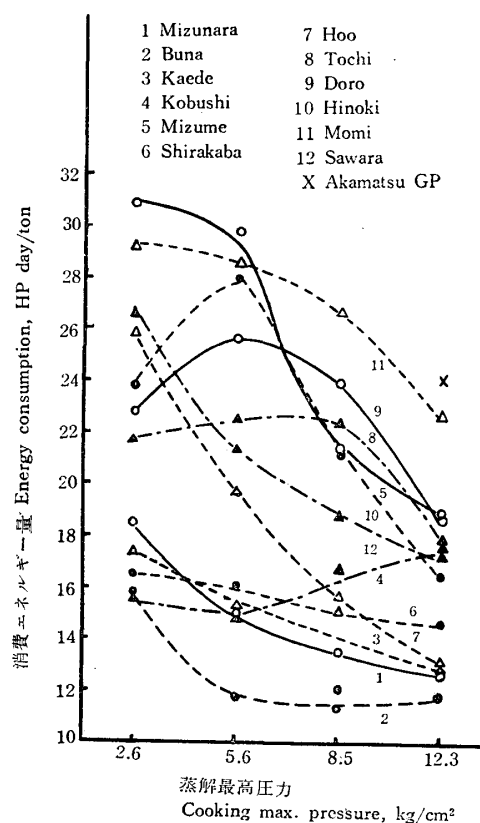


Fig. 3 磨砕のエネルギー消費と 140°C 前処理における蒸解圧力との関係
(Relation of energy consumption for grinding to the cooking pressure of pretreatment at 140°C)

高压蒸解必要なもの……ミズメ、ホオ、トチ、ドロ、ヒノキ、サワラ、モミ

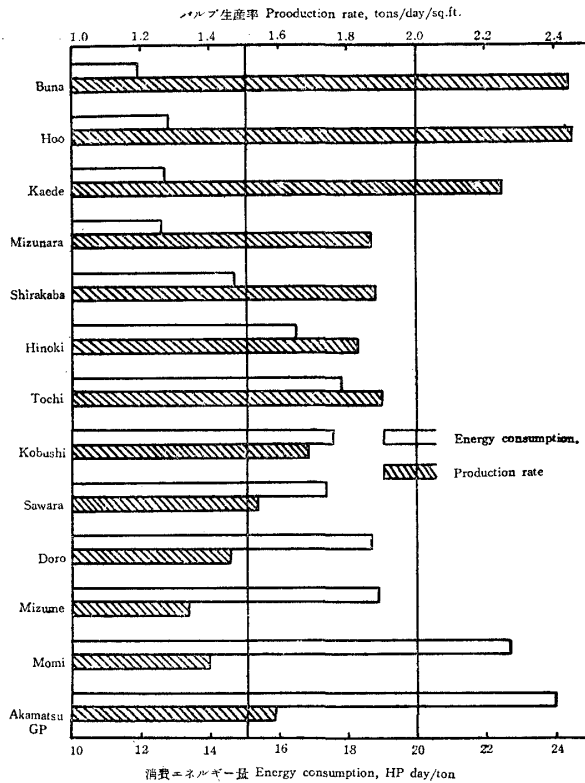


Fig. 4 樹種別の Exp. 6 における磨砕結果の比較
(Comparison of the grinding data from Exp. 6 between twelve wood species)

更に各樹種についてパルプ生産率と消費エネルギー量を併せて磨砕結果を比較するならば Figure 4 に示す如くなる。同図は Exp. 6 の場合の結果であるが、一見して明瞭な如くブナ、ホオ、カエデ、ミズナラはパルプ生産率大にして而もエネルギー消費の小さな条件に適した樹種であり、反対にドロ、ミズメ、モミは生産率小、エネルギー消費大なる樹種である。その他は何れもこの中間に位している。この認定は視野を磨砕結果に限定した場合の優劣であるが、パルプ品質を考慮すればこの評価も当然変更されるであろう。

3. パルプ原質に関して

スクリーンドパルプのフリーネスは Table 7 に示す如くである。110°C 処理と 140°C 処理の場合を比較すると、前者 (Exp. 1, 2) のパルプは概してフリーネス低く 550 ~ 650ml. の範囲に存在している。ブナ、シラカバはフリーネス大きくて 630 ~ 760

Table. 7. CGP のフリーネスに及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment condition on S-R freeness of chemigroundwood pulp stock, ml.)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	600	590	575	705	730	725
Buna	630	710	695	740	770	765
Kaede	600	635	770	760	765	810
Kobushi	560	660	745	800	680	630
Mizume	620	555	330	305	345	505
Shirakaba	730	760	730	755	790	780
Hoo	580	540	465	640	750	785
Tochi	560	600	605	570	460	710
Doro	690	615	585	545	450	695
Hinoki	530	475	650	615	775	820
Momi	350	310	515	417	510	520
Sawara	520	560	665	565	785	805

Freeness of Akamatsu groundwood pulp {laboratory.....520~560ml.
commercial..... 150~250ml.

ml., モミ, サワラは反対にフリーネス低く 310~530ml. である。後者の 140°C 処理 (Exp. 3~6) の場合, 大部分の樹種においては繊維が幾らか粗く磨砕され 80~120ml. 程度フリーネスが増加した。然しながら, 比較のために実験したアカマツ生材からの GP のフリーネスが 520~560ml. であり, 市販 GP が 150~250ml. のフリーネスを示した事を考えると, 本実験の磨砕条件は全般的に高いフリーネスのパルプを与え, 明らかに改善すべき余地をもっている。

蒸解圧力とパルプのフリーネスとの関係を Figure 5 について検討すると, 同図 A に示す如く蒸解圧力の上昇に従ってフリーネスも増大し, 或る圧力以上は一定のフリーネスに留るグループ A (ミズナラ, ブナ, シラカバ, ホオ) と, 同図 B に示す如く或る蒸解圧力において minimum のフリーネスをもつグループ B (トチ, ドロ, モミ, ヒノキ, サワラ) に区別される。この区分は前項の磨砕に関する部分において分類せる低圧蒸解可能グループと高圧蒸解必要グループとに略々一致する。グループ B において蒸解圧力の上昇は磨砕時

における繊維の fibril 化を増大せしめてフリーネスを減少させる。然し或る圧力以上にて前処理した場合は繊維の fibril 化が減少し, 材軟化による磨砕抵抗の減少の factor が大きく影響し, それによつてフリーネスは再び上昇するものと考えられる。その根拠としてはフリーネスが最小の場合に磨砕のエネルギー消費が最大を示す傾向がある事, 及びパルプの沈

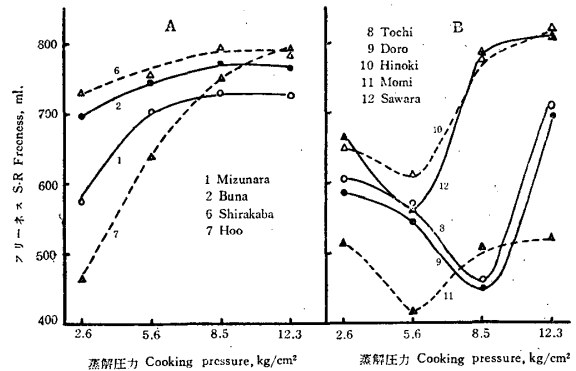


Fig. 5 140°C 前処理における蒸解圧力とケミグラウンドパルプのフリーネスとの関係
(Relation of freeness of chemigroundwood pulps to the cooking pressure of pretreatment at 140°C.)

Table 8. パルプ中の24メッシュ残留繊維量に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on fiber fraction retained by 24 mesh screen, %)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	3.4	4.0	3.2	4.6	9.0	10.0
Buna	4.4	5.6	15.2	15.8	19.8	17.0
Kaede	1.4	1.8	2.4	2.8	6.2	7.6
Kobushi	1.6	5.0	12.4	15.2	23.4	—
Mizume	2.6	4.4	10.2	11.6	22.8	24.0
Shirakaba	2.8	6.6	22.2	24.8	39.0	32.4
Hoo	2.0	2.0	15.6	17.2	24.6	22.6
Tochi	2.6	6.4	6.2	5.6	5.0	10.8
Doro	23.6	21.4	33.4	34.4	43.4	34.8
Hinoki	1.0	1.2	22.4	32.8	46.2	23.6
Momi	1.0	1.6	25.4	25.6	36.4	41.2
Sawara	3.0	2.6	32.6	39.8	43.8	49.2

Akamatsu groundwood pulp {laboratory3~4%
commercial.....2~4%

降容積の測定結果、最小フリーネスのパルプの沈降容積が最大を示す事等を挙げる事が出来る。

パルプのフリーネスは後述するパルプの機械的性質と密接な関係にあり、本実験の如き小試験材では前処理における蒸解圧力を徒らに上昇せしめる事は磨砕におけるエネルギー消費を減少せしめるが、樹種によつてはパルプのフリーネスを増大せしめて結果的にパルプ性質に好影響を与えない事が確認された。

スクリーンダパルプの篩別試験の結果を樹種別に各前処理条件について検討する。先ず Table 8 の 24 mesh 残留繊維について見れば、110°C処理の場合はドロを除く他の樹種は2～6%の値を示しアカマツ GP と同様である。140°C 処理の場合、24 mesh 残留部は著しく増加し、亦蒸解圧力との関係においては高压前処理の方が 24 mesh 残留部の多い (20～45%)、パルプを造る傾向がある。但しミズナラ、カエデ、トチは高压蒸解においても6～10%しか24 mesh 残留部を含まない。

42, 82, 150 mesh スクリーンの各残留部については繁雑を避けるため表示しないが、主要な結果を記述する。蒸解温度差の影響について、110°C 処理は 140°C 処理に比較して 42mesh 残留部少く、80 mesh 残留部は略々同量、150 mesh 残留部を増加せしめた。蒸解圧力の影響については 42, 80, 150 mesh の何れの部分も高压蒸解の方が幾らか減少する事を示した。

Table 9. パルプ中の150メッシュ通過繊維量に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on fiber fraction passing through 150 mesh screen, %)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	41.6	50.6	27.8	30.0	23.8	26.0
Buna	36.0	35.8	27.8	27.6	24.4	23.8
Kaede	48.8	51.8	22.8	23.8	17.0	15.6
Kobushi	43.8	27.2	20.0	20.2	16.4	19.0
Mizume	44.8	33.8	30.6	27.2	22.0	19.2
Shirakaba	38.6	33.9	21.4	21.6	12.4	15.0
Hoo	41.2	38.0	30.8	22.0	17.4	15.4
Tochi	37.8	29.2	15.6	19.6	20.8	24.2
Doro	19.2	18.6	14.8	14.2	20.2	18.2
Hinoki	38.8	44.2	21.4	15.6	10.6	14.2
Momi	46.4	44.8	21.2	22.0	14.4	13.8
Sawara	34.6	36.6	16.4	18.0	13.6	10.8

Akamatsu groundwood pulp {laboratory..... 36~41%
 {commercial.....147~53%

150 mesh 通過の微細繊維量は Table 9 に示される。蒸解温度の高い場合は 150 mesh 通過部が著しく減少し、又蒸解圧力の変化に対しては樹種により増減し一定の傾向が見出されない。ミズナラ、ブナ等の組織学的に髄線・柔細胞の多いと認められている樹種からのパルプはやはり 150 mesh 通過部が最も多く24～30%を含んでいる。

各篩別部分に対する結果を総合すれば 110°C 処理の場合はアカマツ GP に近い繊維組成を

示し、140°C 処理の場合は磨砕による繊維細断が減少し、アカマツ GP よりも繊維組成が著しく粗に傾く事が認められた。亦長繊維の少いパルプが必ずしもフリーネスが低いとは限らず、繊維のフィブリル化の状態に影響される所が大きいと考えられる。

4. パルプの物理的諸性質に関して

JIS に基いて各種のケミグランドパルプより作成した手抄試験紙の物理的諸性質を測定し、前処理条件の影響、各樹種の特徴について検討した。

紙の密度は一般的に低く、蒸解温度 110°C の場合 0.28~0.38 g/cm³ であり、140°C の場合は大部分のパルプにおいて 0.36~0.61g/cm³ の密度が上昇した。この紙の密度の上昇はパルプのフリーネスの減少或いは繊維組成の短小部への移動等の原因に基づくものもあるが、明らかに脱リグニンの増大に由来するものと考えられる。然しカエデ、ブナ、針葉樹類は殆ど密度に変化が見られなかつた。紙の密度は亦、紙の強度と密接な関係を有し、密度の上昇は紙の強度を増加せしめる方向に影響する。

Table 10. シートの白色度に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on the brightness of test sheet, %)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	41	36	29	34	38	32
Buna	49	48	53	54	54	53
Kaede	61	57	53	59	57	55
Kobushi	63	64	59	59	56	57
Mizume	47	56	49	54	54	54
Shirakaba	58	58	60	62	59	58
Hoo	51	47	33	42	44	44
Tochi	62	63	63	63	60	62
Doro	62	59	55	58	54	56
Hinoki	55	57	51	53	53	50
Momi	55	54	55	53	53	49
Sawara	54	52	50	50	50	49

Akamatsu groundwood pulp {laboratory56~57%
 commercial.....54~58%

シートの白色度は根本的に原木の色調に支配されるが、Table 10 に示す如く前処理条件の如何によつて幾らか変動する。蒸解圧力は殆ど無関係であるが、蒸解温度は樹種により影響を及ぼす。蒸解温度を 110°C より 140°C に上昇せしめた場合ブナは白色度を 5 %増すが、反対にコブシ、ホオは 4~7 %、ヒノキ、サワラは 2~5 %白色度が減少する事が認められた。最も白色度の高いパルプはトチの 60~63%であり、次いでシラカバ、ドロ、コブシ、カエデが 55~60%でこれに続く。これらの値は何れもアカマツ GP の白色度 54~58%よりも良好である。アカマツ GP と同等又は少し劣る白色度のパルプはヒノキ、モミ、サワラ、ミズメ、ブナで 50~55%の値を示した。ホオ、ミズナラはパルプの着色が目立ち、そのままでは新聞用紙等に使用出来ない。

パルプの機械的性質について各前処理条件に対するシートの裂断長，比破裂度，比引裂度を夫々 Table 11, 12, 13 に表示した。この3表を通じて前処理における蒸解温度の高低はパルプ強度に著しい影響を与え，140°C 処理においては 110°C 処理の場合に比較して裂断長，比破裂度で2～6倍，比引裂度で2～3倍に達し，強度の大なるパルプを得る事が出来た。勿論これは脱リグニンの進行により磨砕時における繊維の fibril 化が容易となつて増大し，亦パ

Table 11. シートの裂断長に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on the breaking length of test sheet, km)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	0.43	0.40	2.62	2.07	1.74	2.27
Buna	0.77	0.89	1.78	1.05	1.46	0.97
Kaede	0.85	0.42	1.59	1.90	1.31	1.59
Kobushi	0.66	0.45	1.77	1.48	2.67	2.39
Mizume	0.39	0.57	3.77	3.67	3.99	2.85
Shirakaba	0.22	0.43	3.00	2.88	2.95	2.89
Hoo	0.80	0.81	2.05	2.49	1.97	1.87
Tochi	0.70	0.57	3.36	3.14	4.21	2.80
Doro	1.05	1.49	5.55	5.42	6.31	4.70
Hinoki	1.59	1.13	2.29	2.50	1.52	1.43
Momi	1.76	1.86	3.22	3.79	2.80	3.25
Sawara	1.31	1.09	2.43	2.89	1.71	2.33

Akamatsu groundwood pulp {laboratory0.86km
commercial.....2.70km

Table 12. シートの比破裂度に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on the burst factor of test sheet.)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	0.2	0.2	1.3	1.0	1.1	0.9
Buna	0.3	0.3	0.6	0.4	0.8	0.5
Kaede	0.3	0.2	0.4	0.7	0.7	0.5
Kobushi	0.2	0.3	0.6	0.5	1.5	0.8
Mizume	0.2	0.3	2.2	2.2	2.6	1.3
Shirakaba	0.2	0.3	1.3	1.1	1.7	1.6
Hoo	0.3	0.2	0.8	1.1	1.1	0.6
Tochi	0.2	0.3	1.3	1.6	2.6	0.9
Doro	0.7	0.9	2.7	3.0	4.8	2.6
Hinoki	0.5	0.4	0.9	1.4	0.8	0.6
Momi	0.5	0.5	1.5	2.3	1.8	1.1
Sawara	0.5	0.4	1.1	1.8	1.1	1.2

Akamatsu ground wood pulp {laboratory0.8
commercial.....1.9

Table 13. シートの比引裂度に及ぼす前処理条件の影響
(Effect of pretreatment conditions on the tear factor of test sheet.)

Species	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 3	Exp. 4	Exp. 5	Exp. 6
Mizunara	18	14	41	42	35	41
Buna	31	25	43	33	35	32
Kaede	23	18	33	37	31	32
Kobushi	23	18	41	39	49	42
Mizume	18	20	60	55	56	48
Shirakaba	14	22	56	52	48	53
Hoo	22	24	37	47	42	38
Tochi	24	21	50	42	42	37
Doro	40	37	86	88	84	75
Hinoki	33	30	53	54	49	50
Momi	34	33	58	53	61	55
Sawara	32	25	59	50	52	63

Akamatsu groundwood pulp {laboratory22
 {commercial.....40

ルプ中の長繊維含有率が増加する事等に原因している。一方 140°C 処理における蒸解圧力の差による影響は樹種により異り、裂断長、比破裂度は概して磨砕されたパルプのフリーネスの増減に反比例して変動するが、比引裂度はフリーネス以外に他の因子も作用していると考えられる。尙各樹種の CGP のリグニン、ペントザンの含有率の差異はパルプの機械的性質に重要な影響を及ぼさない様である。尤もこれらの化学成分の溶出率が大きな影響をもつ事は当然であるが、本実験ではその関係は明瞭にされていない。

Figure 6 は Exp. 3~6 (5 % Na₂SO₃, 140°C, 3 hrs 蒸解)において、各樹種の CGP が示した最高の強度を比較したものである。参考に示したアカマツの値は、市販のフリーネスの異なる 5 種類の GP より作成した手抄試験紙の中で最高値である。実験室的に減圧水浸処理のアカマツ生材より製造した GP の強度的性質は非常に低かつたので比較の基準に不適當であつた。同図において注目される点は、裂断長と比破裂度ではアカマツ GP と同等の強度（裂断長

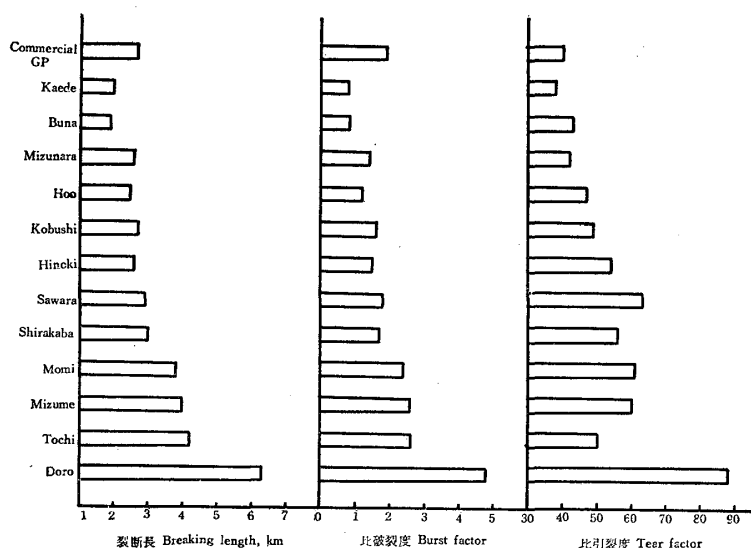


Fig. 6 140°C 前処理にて得た CGP の最高強度の比較
(Comparison of max. strengths of chemigroundwood pulps obtained from the pretreatment at 140°C)

2.7 km, 比破裂度1.9) を示す CGP が割合に多く存在するのに対し, 比引裂度においてはカエデを除く他の樹種の CGP はすべて GP の強度 (比引裂度40) よりも高い値を示す事実である。これは CGP の特徴の一つであり, パルプ中の長繊維含有率が高い事に原因するものである。又ドロは従来から報告⁶⁾⁷⁾されて居る如く, 非常に優秀な機械的性質を有する CGP (裂断長 6.4 km, 比破裂度4.9, 比引裂度89) を造る事が破認された。

パルプの機械的性質においてアカマツ GP の強度と比較してA, B, Cの三等級に区分すると次の如くなる。

- A (市販 GP より良好) ……ドロ, トチ, ミズメ, モミ
 B (〳 と同等) ……シラカバ, サワラ, ヒノキ, コブシ, ホオ, ミズナラ
 C (〳 より劣る) ……ブナ, カエデ

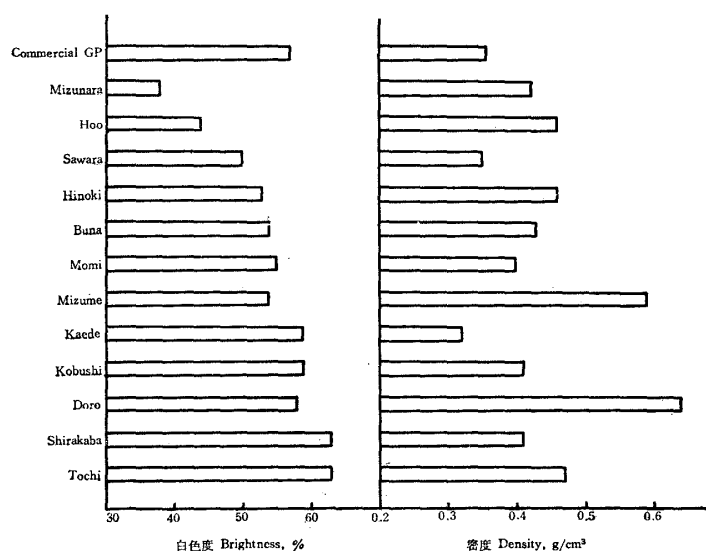


Fig. 7 140°C前処理にて得た CGP の白色度と密度の最高値の比較
 (Comparison of max. values of brightness and density of chemigroundwood pulps obtained from the pretreatment at 140°C.)

パルプの白色度, 密度について強度的性質の場合と同様に Exp. 3~6 の中での最高値を図示すると Figure 7 の如くなる。ミズナラ, ホオ, サワラを除いて他は相当高い白色度を示している。前述せる強度的性質による区分にてA, B級に属する樹種の中, 更に GP アカマツの白色度と同等又はそれ以上のものを選出すると次の如くである。

パルプ強度・白色度において市販 GP と同等以上のCGP……
 ドロ, トチ, シラカバ, コブシ, ミズメ, モミ, ヒノキ
 紙の密度については既に述べ

た如く, 密度の高い方が紙の強度に有利に働くのであるが, 実際最高及び最密低度であつたドロ及びカエデの CGP が夫々最高及び最低強度を示したのである。この樹種による CGP の密度の差は大体パルプのフリーネスの大小に原因すると考えられる。

5. 樹種によるパルプの性質の差異に関して

これまで述べ来つた諸結果を総合し, 樹種によつて製造された CGP の性質に大きな差異を与える原因について簡単に考察を試みた。今各樹種の中で最高, 最低及びそれに近い強度的性質を示した4樹種を対象として, Exp. 5 にて得た値を基礎として一覧表を作成すると Table 14 の如くなる。先ず材比重の同様な樹種ブナとカエデ及びトチとドロを比較し, 次いで材比重の異なる樹種カエデとトチを比較する。

ブナとカエデの比較において両者間に著しい差異をもつ Factor は (2), (5), (6), (10), (11) である。これらの Factor はブナの CGP の生産率をたかめ, 消費エネルギー量を小ならしめた

Table 14. Exp. 5 において最高及び最低の物理的性質を示した4種の CGP に関する比較
(Comparison of four chemiground wood pulps having the maximum and minimum physical properties at Exp. 5.)

Factor No.	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Species	Sp. gr. of wood	Fiber length μ	Fiber breadth μ	Cell wall μ	Number of vessel per mm^2	Lignin %	Pento- san %	Free- ness S-R, ml.	Sediment- al. volume cm^3
Buna	0.58	1130	21	3—4	80—100	14.4	18.5	770	295
Kaede	0.58	790	19	2—3	27—35	18.4	20.5	765	265
Tochi	0.39	900	23	2	60—85	21.2	17.8	460	925
Doro	0.37	1090	25	2—3	50—80	15.2	18.4	450	950

Factor No.	(10)	(11)	Production rate, ton/day /sq.ft	Energy consumption, HP day/ton	Density of sheet g/cm^3	Break- ing length km	Burst factor	Tear factor
Species	Fiber retained on 24 mesh	Fiber passing thr. 150 mesh						
Buna	19.8	24.4	2.41	11.7	0.34	1.46	0.8	35
Kaede	6.2	17.0	1.88	15.7	0.32	1.32	0.7	31
Tochi	5.0	20.8	1.58	22.4	0.47	4.21	2.6	42
Doro	43.4	20.2	1.14	23.9	0.69	6.31	4.8	84

原因と考へられるが、パルプの機械的性質には殆ど影響を及ぼしていない。

トチとドロの比較において両者間に差のある factor は(2), (6), (10)であり、これらはすべてドロの CGP がトチの CGP の機械的性質よりも良いと云う面にプラスするものと考へられる。この中特に(10)の 24 mesh 残留部が著しく多いと云う事が重要点であろう。カエデとトチの比較において両者間に差のある factor は(1), (3), (5), (8), (9)であり、この中トチの(8)が低く(9)が著しく大きい事が、CGP の機械的性質に生じた大きな差異を説明し得る。然しその根本の原因は材比重、材組織等と前処理材の磨砕との関係に由来するものである。

この3つの場合を通じて CGP の機械的性質に最大の関係をもつ因子を表現するのはパルプのフリーネス、沈降容積であり、フリーネスが同一の場合はパルプの繊維組成が大きな影響力を及ぼす。然しながらパルプのフリーネス、沈降容積を決定づけるものは繊維の磨砕であり、原木の諸性質は当然この磨砕状態と密接な関係を有している。以上本報告における考察よりケミグランド法においては原木の組織構造や解剖学的諸性質の相違は、原木の前処理及び磨砕の段階において重要な影響を及ぼし、前処理が完全なる場合は磨砕された繊維の碎解状態が CGP の性質に決定的な要素を与えるものと明確に推定する事が可能である。

要 約

広葉樹9種、針葉樹3種の小試験材を用いて、ケミグランド法における化学的前処理、特に蒸解温度と圧力の影響について実験を行った。

5% Na_2SO_3 , 140°C, 3時間処理によりパルプ中のリグニンは原木の含量より4~5%減少

した。その際のスクリーンド CGP の収率は83~87%であつた。

前処理における蒸解温度及び蒸解圧力の上昇は磨砕によるパルプ生産率を増加せしめ、磨砕のエネルギー消費を減少せしめた。最大のパルプ生産率はブナ、ホオの 2.5 tons/day/sq.ft., 最小はミズメ、モミの 1.4tons であつた。最小の消費エネルギー量はブナの 12HP days/ton, 最大はモミの 23 HPdays であつた。

磨砕して得た CGP のフリーネスは一般的に高く、1% Na_2SO_3 , 110°C, 4時間処理では550~650 ml., 140°C 処理では更に 80~120 ml. 程度増加した。小試験材の場合前処理における蒸解圧力が高すぎると樹種によつてはフリーネスが増加し、結果的にパルプ性質に好影響を与えなかつた。

CGP の篩別試験により110°C 処理ではアカマツ GP に近い繊維組成を示し、140°C 処理では磨砕による繊維細断が減少し、繊維組成が粗に傾く事が認められた。

CGP の白色度はホオ、ミズナラ、サワラを除き概ね良好であり、アカマツ GP よりも高い白色度 (55~63%) の CGP も数種の材から得られた。

CGP の機械的性質は140°C 処理においては110°C 処理よりも裂断長、比破裂度で2~6倍、比引裂度で2~3倍の値を示した。蒸解圧力の影響は樹種により異なり、裂断長、比破裂度は概してパルプのフリーネスの増減に反比例して変化した。最高の強度はドロ CGP が示し、裂断長 6.4km, 比破裂度 4.9, 比引裂度89) であつた。最小はカエデの CGP (裂断長 2.0km, 比破裂度 0.8, 比引裂度 38) であつた。

パルプ強度、白色度において市販 GP と同等以上の広葉樹の CGP を挙げるとドロ、トチ、シラカバ、コブシ、ミズメ等があり、針葉樹ではモミ、ヒノキが該当する。

各樹種によつて生ずる CGP の性質の差異について検討した結果、ケミグランド法においては原木の組織構造、解剖学的性質の相違は、原木の前処理及び磨砕の段階において重要な影響を及ぼし、前処理が完全な場合は磨砕された繊維の碎解状態が CGP の性質に決定的な影響を与えるものと推定出来る。

Résumé

The effects of various conditions of wood pretreatment, especially cooking temperature and pressure, on the qualities of chemigroundwood pulps have been investigated in a laboratory scale. The test blocks of $3.5 \times 3.5 \times 15 \text{ cm}^3$ in size were prepared from the logs of nine hardwoods and four softwoods (in Figure 1), and were seasoned to the moisture content of 16.2% for three months. As seen in Table 1 which shows the physical and anatomical properties of these woods, the density of wood ranges from 0.73 of *Mizunara* to 0.33 of *Sawara* and the fiber length ranges from 2.79μ of *Momi* to 0.79μ of *Kaede*.

Experimental procedures:

The chemical pretreatment of wood block was carried out by the same method as used in the previous investigation (The Bulletin of the Wood Research Institute of Kyoto University, No. 18, Aug., 1957). The mild and severe pretreatment

conditions with 1% and 5% neutral sulphite solutions were shown in detail in Table 2 and Figure 2. The pre-evacuation at a vacuum of 29.4 inches of mercury was done for 1 hour with all test blocks before the cooking was started.

The grinding condition for treated block was changed in order to reduce the freeness of chemigroundwood pulp. The sharp surface of 9 cuts spiral burr was dulled by the burring of 12 cuts diamond burr. As shown in Table 3, the effects of this alternation of stone face were greatly favourable to the grinding results and the pulp qualities. The dull face of grindstone decreased the production rate of screened pulp, but brought about the remarkable improvement on the mechanical properties of pulp. Therefore, the artificial grindstone of this surface was used in this investigation.

Results and observations :

(1) The pretreatment as Exp. 3 dissolved to some extent the lignin from wood, and the lignin contents of chemigroundwood pulps from all wood species were reduced by 4~5% as compared to their original contents of woods (in Table 4). It seemed, however, that the removal of pentosan from wood did not occur by this treatment. The yields of screened pulps were in the range of 83~87% which were 6% lower than the yield of *Akamatsu* mechanical pulp in laboratory.

(2) The severe treatment increased more or less the production rate of chemigroundwood pulp and decreased the energy consumption on grinding for many wood species (in Table 5 and 6). On the grind of *Momi*, a long fiber softwood, it was only when the block was cooked at the highest pressure of 12.3 kgs./cm. that the energy consumption on grinding approached to that of mechanical pulping of *Akamatsu* (in Figure 3). The data in Figure 4 indicate that the dense hardwood *Buna* containing a large amount of ray parenchyma was ground at maximum production rate of 2.44 tons/day/sq. ft. and minimum energy consumption of 12.0 horsepower days/ton.

(3) The freeness of chemigroundwood pulp obtained by severe pretreatment was generally much higher than that of commercial and laboratory mechanical pulps (in Table 7). In some wood species, the high pressure cooking caused the remarkable increase of freeness (in Figure 5) and consequently brought about the decrease of pulp strength.

(4) The results of classification tests shown in Table 8 and 9 indicate that the mild pretreatment produced the chemigroundwood pulp having the same fiber composition as that of *Akamatsu* mechanical pulp. In the case of severe pretreatment, the long fiber fraction retained on 24 and 42 mesh screens increased 15% more than that of mild pretreatment. The pulp contained much long fiber has not always high freeness, but the fibrillation of fiber has the greatest influence

upon the freeness of chemigroundwood pulp.

(5) The density and mechanical properties of chemigroundwood pulp after the mild pretreatment were as low as those of laboratory mechanical pulp. By the severe pretreatment, the physical properties of pulps were increased 2~6 times in breaking length and burst factor, 2~3 times in tear factor and 1.2~2 times in density (in Table 11, 12 and 13). The effect of cooking pressure on the physical properties varied with the wood species, and the breaking length and burst factor were inversely proportional as a rule to the freeness of chemigroundwood pulp. Maximum strength qualities, i.e. 6.4 km. of breaking length, 4.9 of burst factor, 89 of tear factor, were obtained from the *Doro* chemigroundwood pulp (in Figure 6). On the contrary, the *Kaede* chemigroundwood pulp had the minimum strength qualities lower than those of commercial mechanical pulp.

(6) The brightness of chemigroundwood pulps were comparatively high except a few pulps from such stained wood as *Mizunara*, *Hoo* and *Sawara*. In particular, several pulps as *Tochi*, *Shirakaba*, *Doro*, *Kaede* and *Kobushi* had higher brightness (58~63%) than that of commercial mechanical pulp.

(7) In general, the severe pretreatment of wood before grinding increased the production rate of pulp, the freeness of pulp, the long fiber fraction in pulp and the strength of pulp, but it decreased the energy consumption on grinding and the fine fiber fraction in pulp. Under the severe pretreatment and grinding conditions employed in this investigation, the results lead to the conclusion that the strong chemigroundwood pulps having the high brightness were produced at the low energy consumption from the several hardwoods as *Tochi*, *Doro*, *Shirakaba*, *Kobushi*, *Mizume* and *Hinoki*.

文 献

- 1) 寺谷文之, 木村良次: 木材研究: **17**, 16 (Aug. 1957)
- 2) B. Huber, G. Prütz: Holz **1**, 377 (1938)
- 3) 金平亮三: 大日本産重要木材の解剖学的識別 (1926)
- 4) 石田伸彦: パルプ及製紙工業実験法 p. 8~9 (1943)
- 5) 宇野昌一: 日本林学会誌, **17**, 992 (1935)
- 6) C. E. Libby, F. W. O'Neil: Tappi, **33**, No. 4, 161 (Apr. 1950)
- 7) A. Hyttinen, E. R. Schafer: Pulp and paper Mag. Can., **56**, No. 12, 140 (Nov. 1955)